

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЙНИЙ НІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра комп'ютерних наук

СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

методичні вказівки

для виконання лабораторної роботи з дисципліни

«Системний аналіз та моделювання систем»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 122

«Комп'ютерні науки та інформаційні технології»

Мелітополь

2018

Системи масового обслуговування. Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни «Системний аналіз та моделювання систем» для здобувачів ступеня вищої освіти Бакалавр зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2018 – 45 с.

Розробник: ст. викл. Зінов'єва О.Г.

Рецензент: к.т.н., доц. Щербіна В.М.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри

«_19_» _травня_2018__р. Протокол № _19_____

Затверджено методичною комісією факультету ІКТ

«_31_» _травня_ 2018 __р. Протокол № _9_

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота	5
1.1 Порядок виконання роботи	5
1.2 Завдання для самопідготовки.....	5
1.3 Теоретичні відомості	5
1.4 Практична частина	8
1.4.1 Контрольний приклад.....	8
1.5 Завдання для самостійної роботи	16
1.6 Контрольні питання	44
Список літератури.....	45

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

Тема: Системи масового обслуговування

Цель: Навчитися моделювати системи масового обслуговування різного типу

Час 4 год

10.1 Теоретичні відомості

СМО с відмовами:

Показники ефективності СМО з відмовами:

A - абсолютна пропускна здатність (середнє число заявок, що обслуговуються в одиницю часу);

Q - відносна пропускна здатність (середня частка тих, хто прийшов заявок, що обслуговуються системою);

$P_{отк}$ - ймовірність відмови (ймовірність того, що заявка покине СМО необслуженою)

\bar{k} - середнє число зайнятих каналів (для багатоканальної системи)

Одноканальна система з відмовами:

$$Q = \frac{\mu}{\lambda + \mu},$$

де λ - інтенсивність потоку надходження заявок;

μ - інтенсивність потоку обслуговування

$$P_{отк} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$

$$A = \frac{\lambda\mu}{\lambda + \mu}$$

Многоканальна система з відмовами:

Граничні ймовірності станів:

$$p_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \frac{\rho^3}{3!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right)^{-1},$$

$$p_1 = \rho \cdot p_0$$

$$p_2 = \frac{\rho^2}{2!} \cdot p_0$$

...

$$p_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot p_0,$$

...

$$p_n = \frac{\rho^n}{n!} \cdot p_0,$$

де $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ - інтенсивність навантаження каналу.

$$P_{отк} = \frac{\rho^n}{n!} p_0$$

$$Q = 1 - P_{отк} = 1 - \frac{\rho^n}{n!} p_0$$

$$A = \lambda \cdot Q = \lambda \left(1 - \frac{\rho^n}{n!} p_0 \right)$$

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^n (k \cdot p_k) = \frac{A}{\mu}$$

СМО з очікуванням (чергою):

Показники ефективності СМО з відмовами:

A - абсолютна пропускна здатність (середнє число заявок, що обслуговуються в одиницю часу);

Q - відносна пропускна здатність (середня частка тих, хто прийшов заявок, що обслуговуються системою);

$P_{отк}$ - ймовірність відмови (ймовірність того, що заявка покине СМО необслуженою)

$L_{сист}$ - середнє число заявок в системі;

$T_{сист}$ - середній час перебування заявки в системі;

$L_{оч}$ - середнє число заявок в черзі (довжина черги);

$T_{оч}$ - середній час перебування заявки в черзі;

P_3 - ймовірність того, що канал зайнятий (ступінь завантаження каналу)

Одноканальна система з необмеженою чергою:

Граничні ймовірності станів (при $\rho < 1$, якщо $\rho \geq 1$ черга зростає до нескінченності):

$$p_0 = \left(1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^k + \dots + \rho^n\right)^{-1},$$

$$p_1 = \rho \cdot (1 - \rho)$$

$$p_2 = \rho^2 \cdot (1 - \rho)$$

...

$$p_k = \rho^k \cdot (1 - \rho),$$

...

Середня кількість заявок у системі $L_{сист} = \frac{\rho}{1 - \rho}$ (при $\rho < 1$)

Середня кількість заявок у черзі $L_{оч} = L_{сист} - L_{об}$,

де $L_{об} = 1 - p_0$ - середня кількість заявок під обслуговуванням,

тоді $L_{оч} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$.

Середній час перебування заявки у системі $T_{сист} = \frac{1}{\lambda} L_{сист} = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}$

Середній час перебування заявки у черзі $T_{оч} = \frac{1}{\lambda} L_{оч} = \frac{\rho^2}{\lambda(1 - \rho)}$

Багатоканальна система з необмеженою чергою:

Граничні ймовірності станів (при $\frac{\rho}{n} < 1$, якщо $\frac{\rho}{n} \geq 1$ черга зростає до нескінченності):

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho^1}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \right)^{-1},$$

$$p_1 = \frac{\rho^1}{1!} p_0$$

...

$$p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0$$

$$p_{n+1} = \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} p_0$$

Ймовірність того, що заявка опиниться в черзі

$$P_{och} = \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \cdot p_0$$

Середня кількість зайнятих каналів:

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho$$

Середня кількість заявок у черзі

$$L_{оч} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{n \cdot n!} \cdot \left(1 - \frac{\rho}{n} \right)^{-2}$$

Середня кількість заявок у системі

$$L_{сист} = L_{оч} + \rho$$

Одноканальна система з обмеженою довжиною черги

Граничні ймовірності станів:

$$p_0 = \left(1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^k + \dots + \rho^{m+1}\right)^{-1},$$

де m - обмежена довжина черги

Якщо $\rho \neq 1$, то

$$p_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{m+2}}$$

$$p_1 = \rho \cdot p_0$$

$$p_2 = \rho^2 \cdot p_0$$

...

$$p_{m+1} = \rho^{m+1} \cdot p_0.$$

Якщо $\rho = 1$, то

$$p_0 = \frac{1}{m+2}.$$

$$P_{отк} = p_{m+1} = \rho^{m+1} p_0$$

$$Q = 1 - P_{отк}$$

$$A = \lambda Q$$

$$L_{сист} = \sum_{n=0}^{m+1} n \cdot P_n$$

$$T_{сист} = \frac{L_{сист}}{\lambda}$$

$$L_{оч} = \begin{cases} \rho^2 \frac{1 - \rho^m (m - m\rho + 1)}{(1 - \rho)^2} p_0, & \text{если } \rho \neq 1 \\ \frac{m(m+1)}{2(m+2)}, & \text{если } \rho = 1 \end{cases}$$

Багатоканальна СМО з обмеженою довжиною черги

Граничні ймовірності станів:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho^1}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{nn!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^m}{1 - \frac{\rho}{n}} \right)^{-1},$$

де m - обмежена довжина черги

$$p_1 = \rho p_0$$

$$p_2 = \frac{\rho^{2n}}{2!} p_0$$

...

$$p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0$$

$$p_{n+1} = \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} p_0$$

...

$$p_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m \cdot n!} p_0$$

$$P_{отк} =_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m \cdot n!} p_0$$

Імовірність утворення черги:

$$P_{оч} = \sum_{i=0}^{m-1} P_{n+i} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^m}{1 - \frac{\rho}{n}} P_0$$

Середня кількість заявок, що перебувають у черзі:

$$L_{оч} = \frac{\rho^{n+1}}{nn!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^m \left(m + 1 - \frac{m}{n} \rho\right)}{\left(1 - \frac{\rho}{n}\right)^2} P_0$$

Середня кількість заявок у системі:

$$L_{сист} = L_{оч} + \bar{k}_3$$

10.1 Практична частина

Контрольний приклад

Завдання 1

Одноканальна система масового обслуговування із відмовими – телефонна лінія. Інтенсивність потоку дзвінків – 90 дзвінків на годину. Середня тривалість розмови 2 хв. Визначити показники ефективності роботи системи.

Рішення

$$\lambda = 90_{1/год}$$

$$\bar{t}_{об} = 2 \text{ мин}$$

Інтенсивність потоку обслуговування:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{1}{2} = 0,5 (1/мин) = 30 (1/ч)$$

Відносна пропускна спроможність:

$Q = \frac{30}{90 + 30} = 0,25$, тобто. в середньому лише 25% заявок, що надходять, здійснять переговори по телефону.

Відповідно, ймовірність відмови в обслуговуванні становитиме $P_{отк} = 0,75$.

Абсолютна пропускна здатність СМО:

$A = 90 \cdot 0,25 = 22,5$, тобто. в середньому за годину буде обслуговано 22,5 заявки.

Висновок: за наявності лише одного телефонного номера СМО погано справлятиметься з потоком заявок.

Завдання 2

У разі завдання 1 визначити оптимальне число телефонних номерів, якщо умовою оптимальності вважати задоволення у середньому з кожних 100 заявок щонайменше 90 заявок на переговори.

Рішення:

Інтенсивність навантаження каналу $\rho = \frac{90}{30} = 3$, тобто. за час середньої (за тривалістю) телефонної розмови $\bar{t}_{об} = 2$ мин надходить у середньому 3 заявки на переговори.

Поступово збільшуватимемо кількість каналів (телефонних номерів) $n = 2, 3, 4, \dots$ і визначимо для одержуваної n -канальної СМО характеристики обслуговування. Наприклад, при $n = 2$:

$$p_0 = \left(1 + 3 + \frac{3^2}{2!} \right)^{-1} = 0,118 \approx 0,12;$$

$$Q = 1 - \frac{3^2}{2!} \cdot 0,118 = 0,471 \approx 0,47;$$

$$A = \lambda \cdot Q = 90 \cdot 0,471 = 42,4$$

Значення характеристик СМО зведемо до таблиці 1

Характеристика обслуговування	Число каналів (телефонних номерів)					
	1	2	3	4	5	6
Відносна пропускна спроможність Q	0,25	0,47	0,65	0,79	0,90	0,95
Абсолютна пропускна спроможність A	22,5	42,4	58,8	71,5	80,1	85,3

За умовою оптимальності $Q \geq 0,9$. Отже, необхідно встановити 5 телефонних номерів (у цьому випадку $Q = 0,9$). При цьому за годину обслуговуватимуться в середньому 80 заявок ($A = 80,1$), а середня кількість зайнятих каналів $\bar{k} = \frac{80,1}{30} = 2,67$.

Завдання 3.

У порту є один причал для розвантаження суден. Інтенсивність потоку суден дорівнює 0,4 (судів на добу). Середній час розвантаження одного судна складає 2 доби. Передбачається, що черга може бути необмежена. Знайти показники ефективності роботи причалу, а також ймовірність того, що на розвантаження чекають не більше, ніж 2 судна.

Рішення:

Маємо одноканальну систему масового обслуговування з необмеженою чергою

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \cdot \bar{t}_{ob} = 0,4 \cdot 2 = 0,8$$

Завантаження системи $\rho = 0,8 < 1$, то черга не нескінченно зростатиме і граничні ймовірності існують.

Імовірність того, що канал вільний $p_0 = 1 - 0,8 = 0,2$.

Імовірність того, що канал зайнятий $P_z = 1 - 0,2 = 0,8$

Імовірності того, що біля причалу знаходяться 1,2,3 судна (тобто очікують на розвантаження 0,1,2 судна):

$$p_1 = 0,8(1 - 0,8) = 0,16;$$

$$p_2 = 0,8^2(1 - 0,8) = 0,128;$$

$$p_3 = 0,8^3(1 - 0,8) = 0,1024.$$

Імовірність того, що на розвантаження чекають не більше, ніж 2 судна:

$$P = p_1 + p_2 + p_3 = 0,16 + 0,128 + 0,1024 = 0,3904.$$

Середня кількість суден, що очікують на розвантаження:

$$L_{оч} = \frac{0,8^2}{1 - 0,8} = 3,2$$

Середній час очікування розвантаження:

$$T_{оч} = \frac{3,2}{0,8} = 4 \text{ (добу).}$$

Середня кількість суден, що знаходяться біля причалу:

$$L_{сист} = \frac{0,8}{1 - 0,8} = 4$$

Середній час перебування судна біля причалу:

$$T_{сист} = \frac{4}{0,8} = 5 \text{ (добу).}$$

Висновок: Таким чином, у граничному стаціонарному режимі 20% часу причал не працює через відсутність заявок, 16% часу у причалу знаходиться 1 судно, 12,8% часу у причалу знаходиться 2 судна та 10,2% часу у причалу знаходиться 3 судна.

Завдання 4.

Механічна майстерня заводу із трьома постами (каналами) виконує ремонт малої механізації. Потік несправних механізмів, що прибувають до майстерні, - пуассонівський і має інтенсивність $\lambda = 2,5$ механізму на добу, середній час ремонту одного механізму розподілено за показовим законом і дорівнює $\bar{t}_{об} = 0,5$ добу. Припустимо, що іншої майстерні на заводі немає і, отже, черга механізмів перед майстернею може зростати практично необмежено.

Потрібно обчислити такі граничні значення імовірнісних характеристик системи:

- ймовірність станів системи;
- Середня кількість заявок у черзі на обслуговування;
- середня кількість заявок, що знаходяться в системі;
- середню тривалість перебування заявки у черзі;
- середню тривалість перебування заявки у системі.

Рішення:

1) Визначимо інтенсивність потоку обслуговування $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{1}{0,5} = 2$

2) наведена інтенсивність потоку заявок $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{2,5}{2} = 1,25$, при цьому $\frac{\lambda}{\mu n} = \frac{2,5}{2 \cdot 3} = 0,41 < 1$. Оскільки $\frac{\lambda}{\mu n} = 0,41 < 1$, то черга не зростає безмежно і в системі настає граничний стаціонарний режим роботи.

3) Обчислимо ймовірність станів системи:

$$p_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!(1 - \frac{\rho}{n})} \right) \left(1 + 1,25 + \frac{1,25^2}{2!} + \frac{1,25^3}{3!(1 - \frac{1,25}{3})} \right)^{-1} = 0,279$$

тобто. у середньому 27,9% часу канали простоюватимуть.

$$p_1 = \frac{\rho^1}{1!} p_0 = 1,25 \cdot 0,279 = 0,349;$$

$$p_2 = \frac{\rho^2}{2!} p_0 = \frac{1,25^2}{2!} \cdot 0,279 = 0,218;$$

$$p_3 = \frac{\rho^3}{3!} p_0 = \frac{1,25^3}{3!} \cdot 0,279 = 0,091;$$

$$p_4 = \frac{\rho^4}{4!} p_0 = \frac{1,25^4}{4!} \cdot 0,279 = 0,028$$

4) можливість відсутності черги біля майстерні:

$$P_{отк} = p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 0,937$$

5) середня кількість заявок у черзі на обслуговування:

$$L_{оч} = \frac{\rho^{n+1} p_0}{n \cdot n!} \cdot \left(1 - \frac{\rho}{n}\right)^{-2} = \frac{1,25^4 \cdot 0,279}{3 \cdot 3! \cdot \left(1 - \frac{1,25}{3}\right)^2} = 0,111$$

6) середня кількість заявок, що знаходяться в системі:

$$L_{сист} = L_{оч} + \rho = 0,111 + 1,25 = 1,361$$

7) середня тривалість перебування механізму у черзі обслуговування:

$$T_{оч} = \frac{L_{оч}}{\lambda} = \frac{0,111}{2,5} = 0,044 \text{ діб}$$

8) середня тривалість перебування механізму у майстерні (у системі):

$$T_{сист} = T_{оч} + \frac{1}{\mu} = 0,044 + \frac{1}{2} = 0,544 \text{ діб.}$$

Завдання 5.

У невеликому магазині самообслуговування встановлено, що потік покупців є найпростішим з інтенсивністю $\lambda = 1$ покупець за хвилину. У цьому магазині встановлено один касовий апарат, що дозволяє досягти такої

продуктивності праці, за якої середній час обслуговування одного клієнта становить приблизно 1,25 хв.

Визначити характеристики СМО за умови, що черга обмежена контролером при вході до зали самообслуговування $m = 3$ покупців.

Рішення:

Знайдемо інтенсивність потоку обслуговування:
$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{1}{1,25} = 0,8$$

Знайдемо інтенсивність потоку заявок:
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{0,8} = 1,25$$

Знайдемо граничні ймовірності:

$$p_0 = \frac{1 - 1,25}{1 - 1,25^{3+2}} \approx 0,122;$$

$$p_1 = 1,25 \cdot 0,122 \approx 0,152;$$

$$p_2 = 1,25^2 \cdot 0,122 \approx 0,191;$$

$$p_3 = 1,25^3 \cdot 0,122 \approx 0,238;$$

$$p_4 = 1,25^4 \cdot 0,122 \approx 0,297$$

Імовірність відмови:

$$P_{отк} = p_4 \approx 0,297.$$

Відносна пропускна здатність СМО:

$$Q = 1 - 0,297 = 0,703$$

Абсолютна пропускна здатність СМО:

$$A = 1 \cdot 0,703 = 0,703 \text{ покупців за хвилину.}$$

Середня кількість покупців у каси:

$$L_{сист} = 0 \cdot 0,122 + 1 \cdot 0,191 + 3 \cdot 0,238 + 4 \cdot 0,297 = 2,436$$

Середній час перебування покупця біля каси:

$$T_{сист} = \frac{2,436}{1} = 2,436 \text{ хв.}$$

Середня кількість покупців у черзі:

$$L_{оч} = 1,25 \frac{1 - 1,25^3 (3 - 3 \cdot 1,25 + 1)}{(3 - 1,25)^2} \cdot 0,122 \approx 1,56$$

тобто. середня кількість покупців, які чекають у черзі біля каси, дорівнює 1,56.

Середній час очікування покупця у черзі:

$$T_{оч} = \frac{1,56}{1} = 1,56 \text{ хв.}$$

Імовірність простою касира мала, середній час обслуговування покупця невеликий, ймовірність відмови приблизно 0,297. Таким чином, можна сказати, що сто система працює ефективно.

Завдання 6.

На деяку базу в середньому через 30 хв прибувають автомобілі з продукцією. Середній час розвантаження однієї машини складає 1,5 години. Розвантаження роблять дві бригади вантажників. На території бази можуть перебувати у черзі в очікуванні розвантаження не більше 4 автомашин. Визначити показники роботи СМО.

Рішення.

СМО двоканальна, $n = 2$.

Число місць у черзі $m = 4$.

Інтенсивність вхідного потоку $\lambda = 2$ авт/год.

Інтенсивність обслуговування $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{2}{3}$ машини за годину.

Наведена інтенсивність потоку заявок: $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 3 \frac{\rho}{n} = 1,5$.

Імовірність того, що всі бригади не завантажені:

$$p_0 = \left(1 + \frac{3^1}{1!} + \frac{3^2}{2!} + \frac{\rho^3}{2 \cdot 2!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{3}{2}\right)^4}{1 - \frac{3}{2}} \right)^{-1} = 0,0158$$

Імовірність відмови:

$$P_{отк} = p_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m \cdot n!} p_0 = \frac{3^6}{2^4 2!} \cdot 0,0158 = 0,36$$

Відносна пропускна спроможність:

$$Q = 1 - P_{отк} = 1 - 0,36 = 0,64$$

Абсолютна пропускна спроможність:

$$A = 2 \cdot 0,64 = 1,28_{\text{авт.ч}},$$

Середня кількість зайнятих бригад:

$$\bar{k}_3 = \frac{A}{\mu} = \rho Q = 3 \cdot 0,64 = 1,92$$

Середня кількість заявок, що перебувають у черзі:

$$L_{оч} = \frac{3^3}{2 \cdot 2!} \cdot \frac{1 - (1,5)^4 \left(4 + 1 - \frac{4}{2} \cdot 3 \right)}{(1 - 1,5)^2} \cdot 0,0158 = 2,6_{\text{авт.}}$$

Середній час очікування у черзі:

$$T_{оч} = \frac{2,6}{2} = 1,3_{\text{години}}$$

Середня кількість заявок у системі:

$$L_{сист} = 2,6 + 1,92 = 4,52$$

Середній час перебування заявки до СМО:

$$T_{сист} = \frac{4,52}{2} = 2,26 \text{ години}$$

Варіанти завдань для самостійної роботи

Варіант 1

1. Одноканальна СМО з відмовами є ще однією телефонну лінію. Заявка (виклик), яка прийшла в момент, коли лінія зайнята, отримує відмову. Всі потоки подій найпростіші. Інтенсивність потоку $\lambda = 0,98$ викликів в хвилину. Середня тривалість розмови $\bar{t} = 2$ хв.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число телефонних ліній для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.
3. В середньому за добу на сільську станцію швидкої допомоги, яка була СМО з необмеженою чергою, надходить близько 39 викликів. Виклики обслуговує одна бригада лікарів, витрачаючи в середньому на кожен 30 хвилин.

Знайти показники ефективності роботи бригади швидкої допомоги. А також ймовірність того, що обслуговування очікує не більше, ніж 2 виклику.

4. На станцію техогляду, що складається з трьох відокремлених постів, надходить найпростіший потік заявок (автомобілів) інтенсивності $\lambda = 3$ машини на годину. Час огляду розподілено по показовому закону і так само в середньому 17 хв., В черзі може бути будь-яке число автомобілів. Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.
5. Система масового обслуговування - квиткова каса автовокзалу з обмеженою чергою в 6 чоловік. Пасажирів, які бажають купити квиток, приходить в середньому 4 людини за 20 хв. Потік пасажирів можна вважати найпростішим. Касир в середньому обслуговує трьох пасажирів за 10 хв. Визначте ймовірні характеристики СМО в стаціонарному режимі.

6. На бензозаправної станції близько жвавої траси встановлено 3 колонки, кожна з яких обслуговує один автомобіль в середньому за 5 хвилин. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. В середньому в заправці потребує 10 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Знайти відносну і абсолютну пропускну здатність бензозаправної станції, середнє число зайнятих колонок, середній час очікування автомобілів в черзі і середній час їх обслуговування та інші показники ефективності даної СМО.

Варіант 2

1. Рекламне агентство, що приймає замовлення по телефону, являє собою одноканальний СМО з відмовами. За 8 годинний робочий день надходить близько 120 заявок. На прийом однієї заявки витрачається в середньому 5 хвилин.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число телефонних ліній для ефективного роботи рекламного агентства. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.
3. В читальному залі бібліотеки числиться один працівник. За 8 годин за послугами звертається 30 осіб. На обслуговування однієї заявки йде 15 хвилин. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що обслуговування очікує не більше, ніж 2 відвідувачами.

4. . Розглядається робота АЗС, на якій є три заправні колонки. Заправка однієї машини триває в середньому 3 хв. В середньому на АЗС кожні чотири хвилини прибуває машина, яка б вимагала в заправці бензином. Число місць в черзі не обмежена. Всі машини, що постали в чергу на заправку, чекають своєї черги. Всі потоки в системі найпростіші. Визначте показники ефективності роботи АЗС в стаціонарному режимі.
5. Продавець магазину обслуговує в середньому 30 покупців на годину. Потік покупців найпростіший з інтенсивністю, рівної 25 покупців на годину. Всі покупці «нетерплячі» і йдуть, якщо в черзі стоять 5 осіб

(крім обслуговуються). Всі потоки подій найпростіші. Визначте ймовірні характеристики магазину для стаціонарного режиму роботи.

6. На станції техобслуговування є 2 робочих місця, на кожному з яких один автомобіль обслуговується в середньому за 18 хв. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 5 автомобілів. У техобслуговуванні потребує середньому 3 автомобілі, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити показники ефективності СТО.

Варіант 3

1. У магазині хлібобулочних виробів є одна каса. Касир обслуговує покупців в середньому протягом 1,5 хв. Інтенсивність потоку покупців, які користуються послугами цього магазину, становить 30 чел / год. Заявка, що прийшла в момент, коли каса зайнята, отримує відмову.

Визначте ймовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число кас обслуговування для ефективної роботи магазину. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.

3. Одноканальна СМО з необмеженою чергою є стоматологічний кабінет. Обслуговування одного пацієнта в середньому займає 18 хв. На прийом приходять в середньому 3 осіб на годину.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що в очікуванні прийому знаходиться не більше, ніж 2 пацієнта.

4. На станцію технічного обслуговування (СТО) автомобілів кожні дві години під'їжджає в середньому одна машина. Станція має 3 пости обслуговування. Черга автомобілів, які очікують обслуговування, не обмежена. Середній час обслуговування однієї машини $\bar{t} = 1,8$ години. Всі потоки в системі найпростіші. Визначте ймовірні характеристики станції технічного обслуговування автомобілів.

5. На станцію технічного обслуговування автомобілів (одноканальна СМО) кожні дві години під'їжджає в середньому 3 машини. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. Середній час обслуговування однієї машини $\bar{t} = 25$ хвилин.

Всі потоки в системі найпростіші. Визначте ймовірні характеристики станції технічного обслуговування автомобілів.

6. На бензозаправної станції, що має 3 колонки, один автомобіль заправляється в середньому за 3 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. В середньому в заправці потребує 18 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити, скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 97,5% потребують заправці автомобілів. Знайти показники ефективності АЗС

Варіант 4

1. У нотаріальну контору за консультацією звертається в середньому 6 чел / год. Для обслуговування кожного клієнта необхідно 20 хв. Клієнт, що прийшов в момент, коли нотаріус зайнятий, отримує відмову.

Визначте ймовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число каналів обслуговування для ефективної роботи станції діагностики автомобілів. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.

3. Автозаправна станція є СМО з одним каналом обслуговування і однієї колонкою. Потік автомобілів прибувають для заправки, має інтенсивність $\lambda = 0,8$ автомобілів в хвилину. Процес заправки триває в середньому 1,2 хв. Автомобіль, який прибув в момент, коли заправна колонка зайнята, очікує обслуговування в черзі. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Визначте показники ефективності роботи АЗС. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 автомобілі.

4. Розглядається робота АЗС, на якій є 3 заправні колонки. Заправка однієї машини триває в середньому 2 хв. В середньому на АЗС через кожні 2,5 хвилини прибуває машина, яка б вимагала в заправці бензином. Число місць в черзі не обмежена. Всі машини, що постали в чергу, чекають своєї черги. Всі потоки подій найпростіші. Визначте ймовірні характеристики АЗС для стаціонарного режиму.

5. В інструментальному відділенні складального цеху працює один комірник. В середньому за 1 хв. за інструментом приходиться 1 робочий ($\lambda = 1$). Обслуговування одного робочого займає у комірника $\bar{t} = 0,8$ хв. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб.

Обчисліть імовірнісні характеристики СМО в стаціонарному режимі.

6. На бензозаправної станції у жвавої траси встановлено 4 колонки, кожна з яких обслуговує один автомобіль в середньому за 5 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 8 автомобілів. В середньому в заправці потребує 11 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Знайти показники ефективності роботи автозаправної станції.

Варіант 5

1. Пост діагностики автомобілів є одноканальний СМО з відмовами. Заявка на діагностику, що надійшла в момент, коли пост зайнятий, $\lambda = 1$ отримує відмову. Інтенсивність потоку заявок на $\bar{t} = 1,5$ діагностику автомобіль в годину. Середня тривалість діагностики год. Все потоки подій в системі найпростіші.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число постів для ефективною роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 94.
3. Пост мийки автомобілів є одноканальний СМО з необмеженою чергою. Інтенсивність потоку заявок автомобіля на годину, $\lambda = 3$ Середня тривалість $\bar{t} = 18$ обслуговування автомобіля хв. Всі потоки подій в системі найпростіші.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 автомобілі.

4. Технічні пристрої (ТУ) можуть час від часу виходити з ладу (відмовляти). Потік відмов ТУ найпростіший з інтенсивністю $\lambda = 1,8$ відмови на добу. Час відновлення ТУ має експоненціальне розподіл. Математичне сподівання часу обслуговування $\bar{t} = 0,5$ доби. Кількість каналів, що виконують обслуговування ТУ, так само 3 од. Кількість заявок в черзі не обмежена.

Визначте імовірнісні характеристики СМО, які виконують обслуговування ТУ в сталому режимі.

5. Розглядається робота заправної колонки АЗС. Заправка однієї машини триває в середньому 4 хв. В середньому на АЗС кожні 6 хвилин прибуває машина, яка б вимагала в заправці бензином. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів.

Всі потоки в системі найпростіші. Визначте ймовірні характеристики роботи АЗС в стаціонарному режимі.

6. На станції техобслуговування є 4 робочих місця, на кожному з яких один автомобіль обслуговується в середньому 40 хв. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. В середньому в техобслуговуванні потребує 1,3 автомобіля протягом кожної години. Знайти показники ефективності роботи СМО.

Варіант 6

1. У касу кінотеатру за добу звертаються в середньому 350 чол. Час, що витрачається на обслуговування однієї людини, становить 4 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли каса зайнята, отримує відмову.

Визначте ймовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число кас обслуговування для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 93.
3. На посту забарвлення мостів заводу «КамАЗ», що представляє собою СМО з необмеженою чергою, є одне робоче місце.

Інтенсивність потоку заявок на забарвлення моста / год. Середня тривалість забарвлення моста мін. Визначте показники ефективності роботи фарбувального поста. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 автомобілі.

4. Технічні пристрої (ТУ) можуть час від часу виходити з ладу (відмовляти). Потік відмов ТУ - найпростіший з інтенсивністю $\lambda = 1,7$ відмови на добу. Середнє часу обслуговування $\bar{t} = 0,5$ доби. Кількість каналів, що виконують обслуговування ТУ, дорівнює 3 од. У черзі може перебувати не більше трьох заявок.

Визначте ймовірнісні характеристики СМО, які виконують обслуговування ТУ в сталому режимі.

5. Касир бухгалтерії підприємства може обслужити в середньому 25 співробітників на годину. Потік співробітників, які отримують заробітну плату, - найпростіший, з інтенсивністю, рівної 30 співробітників на годину. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб. *Обчисліть ймовірнісні характеристики СМО в стаціонарному режимі.*

6. Зал очікування фотосалону, в якому працюють 2 фотографа, розрахований на чергу в 6 чоловік. Обслуговування одного клієнта в

середньому займає 12 хв. Необхідність сфотографуватися в середньому виникає у 4 осіб на годину. Визначити пропускну спроможність фотосалону, ймовірність того, що фотограф зайнятий, середнє число клієнтів в черзі, середній час їх обслуговування, середній час очікування в черзі і інші показники СМО

Варіант 7

1. Телеательє являє собою одноканальний СМО з відмовами. Телемастер приймає заявки на ремонт теле- і радіотехніки. В середньому за 8 годинний робочий день надходить близько 48 заявок. На обслуговування кожної одиниці техніки витрачається в середньому 30 хв.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число каналів обслуговування для ефективної роботи телеательє. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 88.

3. Намет на ринку, за 8 годин, обслуговує в середньому 42 чол. На обслуговування одного клієнта йде 10 хв. Покупці, які звернулися в момент, коли продавець зайнятий, стають в чергу. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Визначте показники ефективності роботи торгової точки. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 покупця.

4. Відвідувачів шкільної бібліотеки обслуговують два працівника. За 8 годин за їх послугами звертається 30 осіб. На обслуговування однієї заявки йде 15 хвилин. Передбачається, що черга може бути необмеженою. Визначте показники ефективності роботи СМО.

5. В аудиторську фірму надходить найпростіший потік заявок на обслуговування з інтенсивністю $\lambda = 1$ заявка в день. Час обслуговування одно в середньому 0,9 дня. Аудиторська фірма має в своєму розпорядженні двома незалежними бухгалтерами, один з яких в даний час знаходиться у відпустці. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб.

Визначте імовірнісні характеристики аудиторської фірми як системи масового обслуговування, що працює в стаціонарному режимі.

6. На бензозаправної станції, що має 4 заправної колонки, один автомобіль заправляється в середньому за 2,5 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. В середньому в заправці потребує 22 автомобілі, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години.

визначити, Скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 99% потребують заправці автомобілів. Знайти для цих умов показники ефективності СМО

Варіант 8

1. У жіночому залі перукарні «Каре» працює один майстер. За його послугами звертається в середньому близько 4 особи / год. На обслуговування одного клієнта необхідно в середньому близько 30 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли майстер зайнятий, отримує відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число майстрів з обслуговування персоналу для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 89.

3. У чоловічому залі перукарні «Каре» працює один майстер. За його послугами звертається в середньому близько 2 чол / год. На обслуговування одного клієнта необхідно в середньому близько 25 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли майстер зайнятий, очікує обслуговування в черзі. Черга при цьому є необмежений потік заявок.

Визначте показники ефективності роботи даної СМО. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 клієнта.

4. В середньому за добу на сільську станцію швидкої допомоги, яка була СМО з необмеженою чергою, надходить близько 39 викликів. Виклики обслуговує три бригада лікарів, витрачаючи в середньому на кожен 30 хвилин.

Визначте показники ефективності роботи СМО.

5. На пост техогляду надходить найпростіший потік заявок (автомобілів) інтенсивності $\lambda = 5$ машини в годину. Час огляду одно в

середньому 11 хв., В черзі може перебувати не більше 4 автомобілів. Визначте ймовірні характеристики поста техогляду в сталому режимі.

6. В аудиторську фірму надходить найпростіший потік заявок на обслуговування з інтенсивністю $\lambda = 1$ заявка в день. Час обслуговування одно в середньому 0,9 дня. Аудиторська фірма має в своєму розпорядженні п'ятьма незалежними бухгалтерами, які виконують аудиторські перевірки (обслуговування заявок). У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб. Визначте ймовірні характеристики аудиторської фірми як системи масового обслуговування, що працює в стаціонарному режимі

Варіант 9

1. Намет на ринку, за 8 годин, обслуговує в середньому 65 чол. На обслуговування одного клієнта йде 10 хв. Всі заявки надходять коли продавець зайнятий отримують відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число каналів обслуговування для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.

3. Телемастер приймає заявки на ремонт теле- і радіотехніки. В середньому за 8 годинний робочий день надходить близько 18 заявок. На обслуговування кожної одиниці техніки витрачається в середньому 25 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли майстер зайнятий, очікує обслуговування в черзі. Черга при цьому є необмежений потік заявок.

Визначте показники ефективності роботи торгової точки. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 заявки.

4. У зоні щоденного обслуговування автотранспортного підприємства є два поста мийки автомобілів, що представляють собою в сукупності багатоканальну СМО з необмеженою чергою. Інтенсивність потоку заявок автомобіля на годину. Середня тривалість обслуговування автомобіля хв. Всі потоки подій в системі найпростіші. *Визначте* показники ефективності роботи системи в сталому режимі.

5. На бензозаправної станції (в даному випадку одноканальна СМО) один автомобіль заправляється в середньому за 3 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. В середньому в заправці потребує 19 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити, скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 99% потребують заправці автомобілів. Знайти для цих умов показники ефективності СМО.

6. На пункт техогляду, який має 3 пости, надходить найпростіший потік заявок (автомобілів) інтенсивності $\lambda = 4$ машини в годину. Час огляду одно в середньому 14 хв., В черзі може перебувати не більше 4 автомобілів.

Визначте імовірнісні характеристики пункту техогляду в сталому режимі.

Варіант 10

1. На посту забарвлення мостів заводу «КамАЗ», що представляє собою СМО з відмовами, є одне робоче місце. Інтенсивність потоку заявок на забарвлення $\lambda = 4$ моста / год. Середня тривалість забарвлення моста $\bar{t} = 25$ хв.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число постів для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 94.

2. У касу кінотеатру за добу звертаються в середньому 350 чол. Час, що витрачається на обслуговування однієї людини, становить 4 хв. Відвідувач, що прийшов в момент, коли каса зайнята, стає в чергу. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 людини.

3. У чоловічому залі перукарні «Каре» працюють два майстри. За їхніми послугами звертається в середньому близько 2 чол / год. На обслуговування одного клієнта необхідно в середньому близько 25 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли обидва майстри зайняті, очікує обслуговування в черзі. Черга при цьому є необмежений потік заявок.

Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

4. Зал очікування у фотографа розрахований на чергу в 6 чоловік. Обслуговування одного клієнта в середньому займає 17 хв. Необхідність сфотографуватися в середньому виникає у 3 осіб на годину.

визначити пропускну здатність фотографа, ймовірність того, що фотограф зайнятий, а також середнє число клієнтів в черзі, середній час їх обслуговування, середній час очікування в черзі і інші показники СМО

5. У бухгалтерії підприємства є два касири, кожен з яких може обслужити в середньому 30 співробітників на годину. Потік співробітників, які отримують заробітну плату, - найпростіший, з інтенсивністю, рівної 25 співробітників на годину. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб

Варіант 11

1. Пост мийки автомобілів є одноканальний СМО з відмовами. Заявка на обслуговування, що надійшла в момент, коли пост зайнятий, отримує відмову. Інтенсивність потоку заявок автомобіля в годину, $\lambda = 4$. Середня тривалість обслуговування автомобіля хв. $\tau = 20$. Всі потоки подій в системі найпростіші.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число постів для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.

3. Пост діагностики автомобілів є одноканальний СМО з необмеженою чергою. Інтенсивність потоку заявок на діагностику $\lambda = 1$ автомобіль в годину. Середня тривалість діагностики $\bar{t} = 50$ хв.

Визначте показники ефективності роботи поста. А також ймовірність того, що в очікуванні діагностики не більше, ніж 2 автомобілі.

4. У рекламного агентства дві телефонні лінії за якими, оператори приймають замовлення по двох телефонах. За 8 годинний робочий день надходить близько 85 заявок. На прийом однієї заявки витрачається в

середньому 5 хвилин. Заявка, що прийшла в момент коли канал зайнятий стає в чергу, причому вона не обмежена.

Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. На придорожньої станції техобслуговування є одне робоче місце, один автомобіль обслуговується в середньому 30 хв. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. В середньому в техобслуговуванні потребує 1,8 автомобіля протягом кожної години. Знайти показники ефективності роботи СМО.

6. В інструментальному відділенні складального цеху працюють три комірника. В середньому за 1 хв. за інструментом приходять 0,8 робочого ($\lambda = 0,8$). Обслуговування одного робочого займає у комірника

$\bar{t} = 1,0$ хв. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб. Обчисліть імовірнісні характеристики СМО в стаціонарному режимі

Варіант 12

1. Автозаправна станція є СМО з одним каналом обслуговування і однієї колонкою. Майданчик при АЗС не допускає перебування більш одного автомобіля. Якщо в черзі вже знаходиться автомобіль, то черговий автомобіль, який прибув до станції, не стає в чергу, а проїжджає повз. Потік автомобілів прибувають для заправки, має інтенсивність $\lambda = 0,8$ автомобілів в хвилину. Процес заправки триває в середньому 1,5 хв. Всі потоки подій в системі найпростіші.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число заправних колонок для ефективної роботи автозаправної станції. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 90.

3. У нотаріальну контору за консультацією звертається в середньому 4 особи / год. Для обслуговування кожного клієнта необхідно 13 хв. Клієнт, що прийшов в момент, коли нотаріус зайнятий, стає в чергу. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Визначте показники ефективності роботи даної СМО. А також ймовірність того, що в очікуванні прийому не більше, ніж 2 клієнта.

4. СМО являє собою дві телефонні лінії з режимом очікування відповіді. Заявка (виклик), яка прийшла в момент, коли лінія зайнята, очікує обслуговування в черзі. Передбачається, що черга може бути необмеженою. інтенсивність потоку $\lambda = 0,88$ виклику в хвилину. Середня тривалість розмови $\bar{t} = 1$ хв. Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. Підрахуйте імовірнісні характеристики для найпростішої одноканальної СМО з трьома місцями в черзі за умов: $\lambda = 1,8$ заявки / год; $\bar{t} = 0,5$ год.

Визначте показники ефективності даної системи масового обслуговування, і з'ясуйте, як ці характеристики зміняться, якщо збільшити число місць в черзі до чотирьох.

6. Розглядається робота АЗС, на якій є три заправні колонки. Заправка однієї машини триває в середньому 4 хв. В середньому на АЗС кожні 5 хвилин прибуває машина, яка б вимагала в заправці бензином. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. Всі потоки в системі найпростіші.

Визначте імовірнісні характеристики роботи АЗС в стаціонарному режимі.

Варіант 13

1. Одноканальна СМО з відмовами є стоматологічний кабінет. Обслуговування одного пацієнта в середньому займає 25 хв. На прийом приходять в середньому 6 осіб на годину.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число лікарів-стоматологів для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 92.

3. У магазині хлібобулочних виробів є одна каса. Касир обслуговує покупців в середньому протягом 1,5 хв. Інтенсивність потоку покупців, які користуються послугами цього магазину, становить 30 чол / год. Заявка, що прийшла в момент, коли каса зайнята, стає в чергу. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що в очікуванні обслуговування не більше, ніж 2 покупця.

4. У приймальній комісії троє технічних працівників приймають документи від абітурієнтів. Інтенсивність потоку заявок становить 8 заяв на годину. На перевірку прийнятих документів від одного абітурієнта в середньому витрачається 7 хвилин.

Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. Система масового обслуговування - квиткова каса з обмеженою чергою в 6 чоловік. Пасажирів, які бажають купити квиток, приходить в середньому 5 чоловік за 20 хв. Потік пасажирів можна вважати найпростішим. Касир в середньому обслуговує трьох пасажирів за 10 хв. Визначте ймовірні характеристики СМО в стаціонарному режимі.

6. На станцію технічного обслуговування (СТО) автомобілів кожні дві години під'їжджає в середньому 4 машини. Станція має 6 постів обслуговування. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. Середній час обслуговування однієї машини $\bar{t} = 25$ хвилин. Всі потоки в системі найпростіші. Визначте ймовірні характеристики станції технічного обслуговування автомобілів

Варіант 14

1. В читальному залі бібліотеки числиться один працівник. За 8 годин за послугами звертається 30 осіб. На обслуговування однієї заявки йде 15 хвилин. Заявка, що прийшла в момент, коли бібліотекар зайнятий, отримує відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число працівників обслуговуючого персоналу бібліотеки для

ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 93.

3. Рекламне агентство, що приймає замовлення по телефону, являє собою одноканальний СМО з необмеженою чергою. За 8 годинний робочий день надходить близько 85 заявок. На прийом однієї заявки витрачається в середньому 5 хвилини.

Визначте показники ефективності роботи агентства. А також ймовірність того, що в очікуванні обслуговування не більше, ніж 2 клієнта.

4. У службу виклику таксі, що має 2 лінії зв'язку, надходить потік заявок, інтенсивність якого становить 12 дзвінків на годину. Заявка (виклик), яка прийшла в момент, коли лінія зайнята, очікує відповіді в черзі.

Передбачається, що черга може бути необмеженою. Середній час кожної розмови 4 хвилини.

Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. На станції техобслуговування є одне робоче місце. Один автомобіль обслуговується в середньому за 18 хв. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 5 автомобілів. У техобслуговуванні потребує середньому 3 автомобілі, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити показники ефективності СТО.

6. У магазині працює чотири продавця, кожен з яких може обслужити в середньому 30 покупців на годину. Потік покупців найпростіший з інтенсивністю, рівної 28 покупців на годину. Всі покупці «нетерплячі» і йдуть, якщо в черзі стоять 5 осіб

(Крім обслуговуються). Всі потоки подій найпростіші. Визначте ймовірні характеристики магазину для стаціонарного режиму роботи

Варіант 15

1. В середньому за добу на сільську станцію швидкої допомоги, яка була СМО з відмовами надходить близько 39 викликів. Виклики обслуговує одна бригада лікарів, витрачаючи в середньому на кожен 30 хвилин.

Визначте ймовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число бригад лікарів швидкої медичної допомоги для ефективного обслуговування місцевого населення. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.

3. Одноканальна СМО являє собою $\lambda = 0,88$ одну телефонну лінію. Заявка (виклик), яка прийшла в момент, коли лінія зайнята, очікує обслуговування в черзі. Передбачається, що черга може бути необмеженою. інтенсивність потоку виклику в хвилину. Середня тривалість розмови хв.

Визначте показники ефективності роботи телефонної лінії. А також ймовірність того, що в очікуванні відповіді не більше, ніж 2 заявки.

4. В юридичну консультацію звертаються в середньому близько 8 клієнтів на годину. Кожен з двох юристів, які працюють в цій юридичній консультації, обслуговує одного клієнта в середньому за 7 хв. Передбачається, що черга що чекали на клієнтів може бути необмеженою. Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. На автозаправній станції є одна колонка для заправки автомобілів дизельним паливом. Тривалість заправки автомобіля в середньому становить 4 хв. Розміри майданчика для автомобілів, які очікують даного виду заправки такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. В середньому в заправці даним видом палива потребує 14 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. *визначити*, Скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 97,5% потребують заправці автомобілів. Знайти для цих умов показники ефективності даної СМО.

6. Система масового обслуговування - квиткова каса з трьома віконцями (з трьома касирами) і обмеженою чергою в 6 чоловік. Пасажирів, які бажають купити квиток, приходить в середньому 5 чоловік за 20 хв. Потік пасажирів можна вважати найпростішим. Касир в середньому обслуговує трьох пасажирів за 10 хв. Визначте ймовірні характеристики СМО в стаціонарному режимі

Варіант 16

1. Одноканальна СМО з відмовами є ще однією телефонну лінію. Заявка (виклик), яка прийшла в момент, коли лінія зайнята, отримує відмову. Всі потоки подій найпростіші. Інтенсивність потоку виклику в хвилину. Середня тривалість розмови $\lambda = 0,95$
 $\bar{t} = 1,5$ хв.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число телефонних ліній для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 90.

3. Касир в магазині обслуговує покупців в середньому протягом 1,5 хв. Інтенсивність потоку покупців, які користуються послугами цього магазину, становить 30 осіб на годину. Заявка, що прийшла в момент, коли каса зайнята, стає в чергу. Передбачається, що черга може бути необмеженою.

Знайти показники ефективності роботи каси. А також ймовірність того, що обслуговування очікує не більше, ніж 2 покупця.

4. На станцію техогляду, що складається з двох відокремлених постів, надходить найпростіший потік заявок (автомобілів) інтенсивності $\lambda = 3$ машини на годину. Час огляду розподілено по показовому закону і так само в середньому 18 хв., В черзі може бути будь-яке число автомобілів. Визначте показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. Зал очікування у фотографа розрахований на чергу в 6 чоловік. Обслуговування одного клієнта в середньому займає 12 хв. Необхідність сфотографуватися в середньому виникає у 4 осіб на годину. Визначити пропускну спроможність фотографа, ймовірність того, що фотограф зайнятий, а також середнє число клієнтів в черзі, середній час їх обслуговування, середній час очікування в черзі і інші показники СМО.

6. На бензозаправної станції близько жвавої траси встановлено 3 колонки, кожна з яких обслуговує один автомобіль в середньому за 5 хвилин. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. В середньому в заправці потребує 11 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Знайти відносну і абсолютну пропускну здатність бензозаправної станції, середнє

число зайнятих колонок, середній час очікування автомобілів в черзі і середній час їх обслуговування та інші показники ефективності даної СМО

Варіант 17

1. Рекламне агентство, що приймає замовлення по телефону, являє собою одноканальний СМО з відмовами. За 8 годинний робочий день надходить близько 140 заявок. На прийом однієї заявки витрачається в середньому 4 хвилини.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число телефонних ліній для ефективної роботи рекламного агентства.

Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 90.

3. На придорожньої станції технічного обслуговування є одне робоче місце, яке представляє собою СМО з необмеженою чергою. Один автомобіль обслуговується близько 13 хв. У техобслуговуванні потребує середньому 4 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години.

Визначте показники ефективності роботи даної СМО. А також ймовірність того, що обслуговування очікує не більше, ніж 2 автомобілі.

4. Розглядається робота АЗС, на якій є дві заправні колонки. Заправка однієї машини триває в середньому 4 хв. В середньому на АЗС кожні п'ять хвилини прибуває машина, яка б вимагала в заправці бензином. Число місць в черзі не обмежена. Всі машини, що постали в чергу на заправку, чекають своєї черги. Всі потоки в системі найпростіші. Визначте показники ефективності роботи АЗС в стаціонарному режимі.

5. В інструментальному відділенні складального цеху працює один комірник. В середньому за 1 хв. за інструментом приходять 0,8 робочого ($\lambda = 0,8$). Обслуговування одного робочого займає у комірника $t = 1,0$ хв. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб. Обчисліть імовірнісні характеристики СМО в стаціонарному режимі.

6. На станції техобслуговування є 2 робочих місця, на кожному з яких один автомобіль обслуговується в середньому за 14 хв. Розміри

стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 5 автомобілів. У техобслуговуванні потребує середньому 4 автомобілі, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити показники ефективності СТО.

Варіант 18

1. У магазині хлібобулочних виробів є одна каса. Касир обслуговує покупців в середньому протягом 1,5 хв. Інтенсивність потоку покупців, які користуються послугами цього магазину, становить 40 чел / год. Заявка, що прийшла в момент, коли каса зайнята, отримує відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число кас обслуговування для ефективної роботи магазину. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 93.

3. На митному посту огляд проїжджаючих автомобілів займає в середньому 5 хвилин. Інтенсивність руху через цей пост становить 11 машин на годину. Автомобіль, який прибув в момент, коли пост огляду зайнятий, стає в чергу. Обмежень на довжину черги немає.

Визначте показники ефективності роботи поста. А також ймовірність того, що в очікуванні огляду знаходиться не більше, ніж 2 автомобілі.

4. На станцію технічного обслуговування (СТО) автомобілів кожні дві години під'їжджає в середньому одна машина. Станція має 2 постів обслуговування. Черга автомобілів, які очікують обслуговування, не обмежена. Середній час обслуговування однієї машини $\bar{t} = 1,7$ години. Всі потоки в системі найпростіші. Визначте ймовірні характеристики станції технічного обслуговування автомобілів.

5. Касир бухгалтерії підприємства може обслужити в середньому 30 співробітників на годину. Потік співробітників, які отримують заробітну плату, - найпростіший, з інтенсивністю, рівної 25 співробітників на годину. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 осіб. Обчисліть імовірнісні характеристики СМО в стаціонарному режимі.

6. На бензозаправної станції, що має 3 колонки, один автомобіль заправляється в середньому за 4 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. В середньому в заправці потребує 14 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити, скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 97,5% потребують заправці автомобілів. Знайти для цих умов показники ефективності даної СМО

Варіант 19

1. У нотаріальну контору за консультацією звертається в середньому 20 чел / год. Для обслуговування кожного клієнта необхідно 15 хв. Клієнт, що прийшов в момент, коли нотаріус зайнятий, отримує відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число каналів обслуговування для ефективної роботи станції діагностики автомобілів. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 94.

3. В юридичну консультацію звертається в середньому близько 2 осіб на годину. Для обслуговування кожного клієнта необхідно в середньому близько 25 хв. Дана система являє собою одноканальний систему масового обслуговування з необмеженою чергою і необмеженим часом очікування.

Визначте показники ефективності роботи юрконсультації. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 клієнта.

4. Розглядається робота АГЗС, на якій є 2 заправних колонок. Заправка однієї машини триває в середньому 1,5 хв. В середньому на АЗС через кожні 2 хвилини прибуває машина, яка б вимагала в заправці бензином. Число місць в черзі не обмежена. Всі машини, що постали в чергу, чекають своєї черги. Всі потоки подій найпростіші. Визначте ймовірні характеристики АЗС для стаціонарного режиму.

5. В аудиторську фірму надходить найпростіший потік заявок на обслуговування з інтенсивністю $\lambda = 1$ заявка в день. Час обслуговування одно в середньому 0,9 дня. Аудиторська фірма має в своєму розпорядженні

двома незалежними бухгалтерами, один з яких в даний час знаходиться у відпустці. У черзі до каси можуть перебувати не більше 20 человек. Определіте імовірнісні характеристики аудиторської фірми як системи масового обслуговування, що працює в стаціонарному режимі.

6. На бензозаправної станції у жвавої траси встановлено 4 колонки, кожна з яких обслуговує один автомобіль в середньому за 3 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 8 автомобілів. В середньому в заправці потребує 19 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Знайти показники ефективності роботи автозаправної станції

Варіант 20

1. Пост діагностики автомобілів є одноканальний СМО з відмовами. Заявка на діагностику, що надійшла в момент, коли пост зайнятий, отримує відмову. Інтенсивність потоку заявок на діагностику автомобіля на годину. Середня тривалість діагностики ч. Всі потоки подій в системі найпростіші.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число постів для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 94.

3. Автозаправна станція є СМО з одним каналом обслуговування і однієї колонкою. Обмежень на довжину черги немає. Потік автомобілів, що прибувають для заправки, має інтенсивність $\lambda = 0,7$ автомобіля в хвилину. Процес заправки триває в середньому 1,25 хв.

Визначте показники ефективності роботи АЗС. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 автомобілі.

4. Технічні пристрої (ТУ) можуть час від часу виходити з ладу (відмовляти). Потік відмов ТУ найпростіший з інтенсивністю $\lambda = 1,7$ відмови на добу. Час відновлення ТУ має експоненціальне розподіл. Математичне сподівання часу обслуговування $\bar{t} = 0,5$ доби. Кількість каналів, що виконують обслуговування ТУ, так само 2 од. Кількість заявок в

черзі не обмежена. Визначте ймовірні характеристики СМО, які виконують обслуговування ТУ в сталому режимі.

5. На бензозаправної станції є одна колонка. Автомобіль заправляється в середньому за 3 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 4 автомобілів. В середньому в заправці потребує 18 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити, скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 97,5% потребують заправці автомобілів. Знайти для цих умов середня кількість зайнятих колонок і середній час їх простою, середній час очікування автомобілів в черзі і середній час їх заправки.

6. На станції техобслуговування є 4 робочих місця, на кожному з яких один автомобіль обслуговується в середньому 30 хв. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. В середньому в техобслуговуванні потребує 1,8 автомобіля протягом кожної години. Знайти показники ефективності роботи СМО

Варіант 21

1. У касу кінотеатру за добу звертаються в середньому 400 чол. Час, що витрачається на обслуговування однієї людини, становить 3 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли каса зайнята, отримує відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число кас обслуговування для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 95.

3. На залізничну сортувальну гірку прибувають склади з інтенсивністю $\lambda = 2$ склада в годину. Середній час, протягом якого гірка обслуговує склад, так само 0,4 годину. Склади, які прибувають в момент, коли гірка зайнята, стають в чергу і чекають в парку прибуття. Обмежень на довжину черги немає.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що в очікуванні огляду знаходиться не більше, ніж 2 складу.

4. Технічні пристрої (ТУ) можуть час від часу виходити з ладу (відмовляти). Потік відмов ТУ - найпростіший з інтенсивністю $\lambda = 1,9$ відмови на добу. Час відновлення ТУ має експоненціальне розподіл. Математичне сподівання часу обслуговування $\bar{t} = 0,5$ доби. Кількість каналів, що виконують обслуговування ТУ, так само 3 од. У черзі може перебувати не більше трьох заявок. Определіте імовірнісні характеристики СМО, які виконують обслуговування ТУ в сталому режимі.

5. Продавець магазину обслуговує в середньому 30 покупців на годину. Потік покупців найпростіший з інтенсивністю, рівної 28 покупців на годину. Всі покупці «нетерплячі» і йдуть, якщо в черзі стоять 5 осіб (крім обслуговуються). Всі потоки подій найпростіші. Визначте ймовірні характеристики магазину для стаціонарного режиму роботи.

6. Зал очікування фотосалону, в якому працюють 2 фотографа, розрахований на чергу в 6 чоловік. Обслуговування одного клієнта в середньому займає 17 хв. Необхідність сфотографуватися в середньому виникає у 3 осіб на годину. Визначити пропускну спроможність фотографа, ймовірність того, що фотограф зайнятий, а також середнє число клієнтів в черзі, середній час їх обслуговування, середній час очікування в черзі і інші показники СМО

Варіант 22

1. Телеательє являє собою одноканальний СМО з відмовами. Телемастер приймає заявки на ремонт теле- і радіотехніки. В середньому за 8 годинний робочий день надходить близько 30 заявок. На обслуговування кожної одиниці техніки витрачається в середньому 40 хв.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число каналів обслуговування для ефективної роботи телеательє. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 92.

3. Касир в їдальні обслуговує одного клієнта в середньому протягом двох хвилин. Послугами цієї їдальні користуються в середньому 29 осіб на годину.

Знайти середнє число клієнтів в черзі і середній час їх обслуговування та інші показники ефективності роботи СМО за умови, що обмеження на довжину черги відсутні.

4. Відвідувачів шкільної бібліотеки обслуговують два працівника. За 8 годин за їх послугами звертається 27 осіб. На обслуговування однієї заявки йде 15 хвилин. Передбачається, що черга може бути необмеженою. Визначте показники ефективності роботи СМО.

5. На станції техобслуговування є одне робоче місце. Один автомобіль обслуговується в середньому за 14 хв. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 5 автомобілів. У техобслуговуванні потребує середньому 4 автомобілі, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити показники ефективності СТО.

6. На бензозаправної станції, що має 4 заправної колонки, один автомобіль заправляється в середньому за 3 хв. Розміри майданчика для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. В середньому в заправці потребує 19 автомобілів, що проїжджають по трасі повз станцію протягом кожної години. Визначити, скільки потрібно встановити колонок, щоб обслужити не менше 99% потребують заправці автомобілів. Знайти для

Варіант 23

1. У жіночому залі перукарні «Каре» працює один майстер. За його послугами звертається в середньому близько 3 чол / год. На обслуговування одного клієнта необхідно в середньому близько 40 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли майстер зайнятий, отримує відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число майстрів з обслуговування персоналу для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 89.

3. Одноканальна СМО з необмеженою чергою є ще однією телефонну лінію. Заявка (виклик), яка прийшла в момент, коли лінія зайнята, очікує відповіді в черзі. Обмежень на довжину черги немає. Всі

потоки подій найпростіші. інтенсивність потоку $\lambda = 0,95$ виклику в хвилину. Середня тривалість розмови $\bar{t} = 1$ хв.

Визначте показники ефективності роботи СМО. А також ймовірність того, що в очікуванні огляду знаходиться не більше, ніж 2 заявки.

4. Намет на ринку, за 8 годин, обслуговує в середньому 60 чол. На В зоні щоденного обслуговування автотранспортного підприємства є два поста мийки автомобілів, що представляють собою в сукупності багатоканальну СМО з необмеженою чергою. Інтенсивність потоку заявок автомобіля на годину $\lambda = 2$. Середня тривалість обслуговування автомобіля хв. $t = 2,5$. Всі потоки подій в системі найпростіші. Визначте показники ефективності роботи системи в сталому режимі.

5. Підрахуйте імовірнісні характеристики для найпростішої одноканальної СМО з трьома місцями в черзі за умов: $\lambda = 1,9$ заявки / год; $\bar{t} = 0,5$ год. Визначте показники ефективності даної системи масового обслуговування, і з'ясуйте, як ці характеристики зміняться, якщо збільшити число місць в черзі до чотирьох.

6. На пункт техогляду, який має 3 пости, надходить найпростіший потік заявок (автомобілів) інтенсивності $\lambda = 5$ машини в годину. Час огляду одно в середньому 11 хв., В черзі може перебувати не більше 4 автомобілів. Визначте ймовірні характеристики пункту техогляду в сталому режимі.

Варіант 24

1. Намет на ринку, за 8 годин, обслуговує в середньому 60 чол. На обслуговування одного клієнта йде 15 хв. Всі заявки надходять коли продавець зайнятий отримують відмову.

Визначте імовірнісні характеристики СМО в сталому режимі роботи.

2. Використовуючи умови попередньої задачі, визначити оптимальне число каналів обслуговування для ефективної роботи СМО. Умова оптимальності полягає в наступному: з кожних 100 заявок повинні бути обслужені не менше 91.

3. Телемастер приймає заявки на ремонт теле- і радіотехніки. В середньому за 8 годинний робочий день надходить близько 15 заявок. На обслуговування кожної одиниці техніки витрачається в середньому 30 хв.

Заявка, що прийшла в момент, коли майстер зайнятий, очікує обслуговування в черзі. Черга при цьому є необмежений потік заявок.

Визначте показники ефективності роботи торгової точки. А також ймовірність того, що в черзі перебуває не більше, ніж 2 заявки.

4. У чоловічому залі перукарні «Каре» працюють два майстри. За їхніми послугами звертається в середньому близько 3 чол / год. На обслуговування одного клієнта необхідно в середньому близько 19 хв. Заявка, що прийшла в момент, коли обидва майстри зайняті, очікує обслуговування в черзі. Черга при цьому є необмежений потік заявок. *Визначте* показники ефективності роботи станції техогляду в сталому режимі.

5. На пост техогляду надходить найпростіший потік заявок (автомобілів) інтенсивності $\lambda = 4$ машини в годину. Час огляду одно в середньому 14 хв., В черзі може перебувати не більше 4 автомобілів. *Визначте* ймовірні характеристики пункту техогляду в сталому режимі.

6. На станцію технічного обслуговування (СТО) автомобілів кожні дві години під'їжджає в середньому 3 машини. Станція має 6 постів обслуговування. Розміри стоянки біля станції для очікування такі, що вміщують не більше 6 автомобілів. Середній час обслуговування однієї машини $\bar{t} = 25$ хвилин. Всі потоки в системі найпростіші. *Визначте* ймовірні характеристики станції технічного обслуговування автомобілів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Ларичев О.И. Количественные методы принятия решений/О.И.Ларичев, Е.Н. Мошкович.– М.: Физматлит, 1996.
- 2 Волошин О.Ф. Моделі та методи прийняття рішень: Навчальний посібник/ О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2006.
- 3 Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие / А.И. Орлов.- М.: Издательство «Экзамен», 2005